

JP 06131442 A

PAT-NO: JP406131442A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06131442 A
TITLE: THREE-DIMENSIONAL VIRTUAL IMAGE MODELING DEVICE
PUBN-DATE: May 13, 1994

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
SHIBAZAKI, HIROTAKE

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME MAZDA MOTOR CORP COUNTRY
N/A

APPL-NO: JP04280289
APPL-DATE: October 19, 1992

INT-CL (IPC): G06F015/62, G06F003/03 , G06F003/153 , G06F015/60

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide the three-dimensional virtual image modeling device which makes a design according with designer's sense and improves the efficiency of design work.

CONSTITUTION: A virtual three-dimensional model Iv is generated in a virtual space capable of stereoscopic vision. A stylus pen 20 is operated by the designer in an operation space (actual space) set in the same position as this virtual space. When an indicating point 20p of the stylus pen 20 approximately coincides with a prescribed point on the virtual three-dimensional model Iv by this manual operation, coordinates of the point on this model are inputted. When the designer moves the stylus pen 20 after this coordinate input, the virtual three-dimensional model Iv is deformed in accordance with the extent by which coordinates of the indicating point 20p of the stylus pen 20 are deviated from those of the prescribed point on the model by this movement. Thus, the shape of the product generated as the three-dimensional model is directly changed by three-dimensional pen moving operation.

COPYRIGHT: (C)1994, JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-131442

(43)公開日 平成6年(1994)5月13日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/62	3 5 0	8125-5L		
3/03	3 8 0 K	7165-5B		
3/153	3 2 0 M	7165-5B		
15/60	4 0 0 A	7922-5L		

審査請求 未請求 請求項の数6(全 15 頁)

(21)出願番号 特願平4-280289

(22)出願日 平成4年(1992)10月19日

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 柴崎 宏武

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

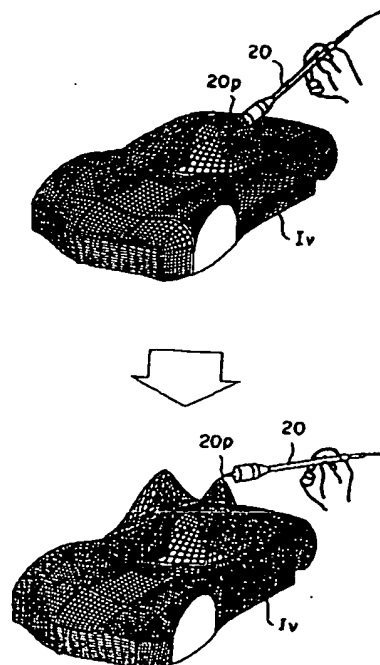
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 3次元虚像造形装置

(57)【要約】

【目的】 設計者の感覚にあった設計を行うことおよび設計作業の能率を高めることができる3次元虚像造形装置を提供する。

【構成】 立体視可能な仮想空間内に仮想立体モデルI_vを生成する。この仮想空間と同じ位置に設定された操作空間(実空間)内において設計者にスタイラスペン20を操作させる。この手動操作により、スタイラスペン20の指示点20pが仮想立体モデルI_v上の所定の点と略一致したとき、このモデル上の点の座標を入力する。この座標入力後に設計者がスタイラスペン20を移動させたとき、この移動によってスタイラスペン20の指示点20pの座標が上記モデル上の所定の点の座標からずれた量に応じて仮想立体モデルI_vを変形させる。これにより、立体モデルとして生成された製品に対し、3次元的なペン移動操作によって直接的に形状変更を行うことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 立体視可能な仮想空間を生成する仮想空間生成手段と、

手動操作に応じて前記仮想空間内を3次元的に移動する3次元移動ペンと、

この3次元移動ペンの指示点の座標を入力し得る指示点座標入力手段と、

この指示点座標入力手段により入力された座標を前記仮想空間内に表示する座標表示手段と、を備えてなることを特徴とする3次元虚像造形装置。

【請求項2】 立体視可能な仮想空間を生成する仮想空間生成手段と、

前記仮想空間内に仮想立体モデルを生成する仮想立体モデル生成手段と、

手動操作に応じて前記仮想空間内を3次元的に移動する3次元移動ペンと、

この3次元移動ペンの指示点が前記仮想立体モデル上の所定の点と略一致したとき、このモデル上の点の座標を入力するモデル点座標入力手段と、

このモデル点座標入力手段による座標入力の後に前記3次元移動ペンを移動させたとき、この移動によって該3次元移動ペンの指示点の座標が前記モデル上の所定の点の座標からずれた量に応じて前記仮想立体モデルを変形させる仮想立体モデル変形手段と、を備えてなることを特徴とする3次元虚像造形装置。

【請求項3】 前記3次元移動ペンが、前記仮想空間と同じ位置に設定された操作空間内において手動操作されるスタイラスペンである、ことを特徴とする請求項1または2記載の3次元虚像造形装置。

【請求項4】 前記3次元移動ペンが、前記仮想空間とは異なる位置に設定された操作空間内において手動操作されるスタイラスペンの移動と連動して前記仮想空間内において移動する仮想ペンである、ことを特徴とする請求項1または2記載の3次元虚像造形装置。

【請求項5】 前記仮想空間の座標と前記操作空間の座標とが不一致のとき両座標を一致させる座標補正手段を備えている、ことを特徴とする請求項3記載の3次元虚像造形装置。

【請求項6】 前記仮想立体モデルに対する視点を変更する視点変更手段を備えている、ことを特徴とする請求項1から5いずれかに記載の3次元虚像造形装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、立体視可能な仮想空間を利用して工業製品の設計を行う3次元虚像造形装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車の車体や自動車部品等の工業製品の設計には、従来よりCADが広く用いられているが、近年、設計者の設計意図をよりの確に製品に反映するこ

とができるようにするため、3次元CADと呼ばれているCADシステムの開発が進められている。

【0003】この3次元CADを用いた設計は、一般に次のようにして行われている。すなわち、入力操作方法は、平面出力画面での側面図、正面図、上面図などを用いた3面図からの2次元的なものとなっており、その入力装置は2次元入力装置であるマウスやタブレットなどを用いている。そして、出力画面上に、設計を行った製品の評価・確認用に3次元的なイメージを捉えやすい鳥瞰図を用いて、イメージ描画を行っている。しかしながら、3次元的な形状が理解しやすい鳥瞰図を用いた形状生成や形状変更などの操作は行われていないのが現状である。これは鳥瞰図を用いた3次元的な入力、特に奥行方向の入力が非常に困難なためである。

【0004】このような問題を解決するために、従来の2次元入力操作手法に代えて、3次元的な入力操作手法を用いた設計装置が提案されている。例えば、特開昭63-191277号公報には、3次元座標入力をマウス操作による2回の2次元座標入力から行い、さらにこれを座標変換処理することにより、3次元カーソルを用いた奥行方向の入力操作を可能にするようにした装置が開示されており、また、特開平2-150968号公報には、カーソルの移動に伴い、カーソル位置の近傍の図形要素を強調して表示(位置情報を表示)することにより、カーソル位置が平面だけでなく奥行方向も識別することを可能にして、3次元的な入出力を行うようにした装置が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前者の装置においては、2回の2次元座標入力および座標変換処理によって3次元的な入力を行うものであるため、操作に冗長性があり、また直感的な操作が行えず操作性に問題がある。また、後者の装置も入力操作および出力画面に2次元平面画面を用い、入力デバイスもマウス等の間接的な装置を用いるため、奥行感がつかみにくく、入力変形操作が行いくために思い通りの設計ができないといった問題がある。これらの問題のため、従来のCADを用いた設計作業は入力操作に必要以上の試行錯誤を要し、結果として設計作業の能率低下を招いていた。

【0006】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、設計者の感覚にあった設計を行うことができるとともに設計作業の能率を高めることができる3次元虚像造形装置を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る3次元虚像造形装置は、立体視可能な仮想空間を生成するとともに該仮想空間内の任意の点の座標を3次元的なペン移動操作によって直接入力表示し得るように構成することにより(請求項1)、製品形状を立体モデルとして直接的に

生成することができるようにし、あるいは、立体視可能な仮想空間内に仮想立体モデルを生成するとともに、この仮想立体モデルに対して3次元的なペン移動操作によって変形操作を行い得るように構成することにより（請求項2）、立体モデルとして生成された製品形状を直接的に変更することができるようにし、もって上記目的達成を図るようにしたものである。

【0008】すなわち、請求項1記載の発明は、立体視可能な仮想空間を生成する仮想空間生成手段と、手動操作に応じて前記仮想空間内を3次元的に移動する3次元移動ペンと、この3次元移動ペンの指示点の座標を入力し得る指示点座標入力手段と、この指示点座標入力手段により入力された座標を前記仮想空間内に表示する座標表示手段と、を備えてなることを特徴とするものであり、また、請求項2記載の発明は、立体視可能な仮想空間を生成する仮想空間生成手段と、前記仮想空間内に仮想立体モデルを生成する仮想立体モデル生成手段と、手動操作に応じて前記仮想空間内を3次元的に移動する3次元移動ペンと、この3次元移動ペンの指示点が前記仮想立体モデル上の所定の点と略一致したとき、このモデル上の点の座標を入力するモデル点座標入力手段と、このモデル点座標入力手段による座標入力の後前記3次元移動ペンを移動させたとき、この移動によって該3次元移動ペンの指示点の座標が前記モデル上の所定の点の座標からずれた量に応じて前記仮想立体モデルを変形させる仮想立体モデル変形手段と、を備えてなることを特徴とするものである。

【0009】上記「3次元移動ペン」は、仮想空間の点を指示する上記「指示点」を有するものであれば、必ずしも一般的なペンの形態を有するものでなくてもよい。また、「3次元移動ペン」の態様としては、例えば、請求項3に記載したように、仮想空間と同じ位置に設定された操作空間内において手動操作されるスタイラスペン、あるいは、請求項4に記載したように、仮想空間とは異なる位置に設定された操作空間内において手動操作されるスタイラスペンの移動と連動して仮想空間内において移動する仮想ペン等が採用可能である。

【0010】上記「仮想立体モデル上の所定の点」とは、仮想立体モデル上の点のうち座標入力をしようとする特定の点を意味するものである。例えば、予め所定の操作により仮想立体モデル上のある点を座標入力予定点として特定しておいた場合には、この点が当初から「仮想立体モデル上の所定の点」となるが、座標入力予定点を予め特定せずに3次元移動ペンの指示点が仮想立体モデル上のある点と略一致した後に所定の操作によりこの点の座標入力を行うようにした場合には、この座標入力操作により初めてこの点が「仮想立体モデル上の所定の点」となる。

【0011】上記「略一致」とは、3次元移動ペンの指示点が仮想立体モデル上の所定の点と完全に一致する場合

合はもちろんのこと、この所定の点以外の仮想立体モデル上の点を該所定の点と混同して座標入力するおそれのない程度に該所定の点に指示点が近付いている場合をも含むことを意味するものである。

【0012】

【発明の作用および効果】上記構成に示すように、請求項1記載の発明においては、立体視可能な仮想空間を生成するとともに該仮想空間内の任意の点の座標を3次元的なペン移動操作によって直接入力表示し得るように構成されているので、製品形状をなすべき複数の点の座標を入力表示するようにすれば、製品の形状を立体モデルとして直接的に生成することができる。したがって、設計過程における製品形状の観察、評価、確認を立体的にリアルタイムで行うことができ、直観的な設計を行うことができる。このように、請求項1記載の発明によれば、設計者の感覚にあった設計を行うことができるとともに設計作業の能率を高めることができる。

【0013】また、請求項2記載の発明においては、立体視可能な仮想空間内に仮想立体モデルを生成するとともに、この仮想立体モデルに対して3次元的なペン移動操作によって変形操作を行い得るように構成されているので、立体モデルとして生成された製品の形状を直接的に変更することができる。したがって、設計過程における製品形状変更の観察、評価、確認を立体的にリアルタイムで行うことができ、直観的な設計を行うことができる。このように、請求項2記載の発明によれば、設計者の感覚にあった設計を行うことができるとともに設計作業の能率を高めることができる。

【0014】上記請求項2記載の発明における「3次元移動ペン」が、請求項3に記載したように、仮想空間と同じ位置に設定された操作空間内において手動操作されるスタイラスペンである場合は、仮想空間の座標と操作空間の座標とを一致させる必要があるが、両座標は必ずしも一致していないので、請求項5に記載したように、仮想空間の座標と操作空間の座標とが不一致のとき両座標を一致させる座標補正手段を備えた構成とすることが好ましい。

【0015】さらに、請求項6に記載したように、仮想立体モデルに対する視点を変更する視点変更手段を備えた構成としてもよく、このようにすることにより、仮想立体モデルの観察、評価、確認を多面的に行うことができる。

【0016】

【実施例】以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施例について説明する。

【0017】図1は、本発明に係る3次元虚像造形装置の第1実施例を示す概要構成図であって、図2は、その使用状態を示す側面図である。

【0018】図1に示すように、本実施例に係る3次元虚像造形装置は、ディスプレイ12と、液晶シャッターメ

ガネ14と、立体視制御装置16と、仮想空間情報制御装置（グラフィックワークステーションIRIS-4D 220GTX）18と、スタイラスペン20と、コマンド入力装置22と、3次元ディジタイザ24と、視点制御装置26とを備えてなっている。

【0019】上記ディスプレイ12は、60インチの大型高精細プロジェクト（解像度：1280×1024）である。

【0020】上記液晶シャッターメガネ14は、右眼左眼の各部分が液晶シャッターにより開閉可能とされており、図2に示すように、設計者の頭部を固定するための頭部固定具28に、ディスプレイ12のスクリーン12aに正対するようにして固設されている。

【0021】上記立体視制御装置16は、ディスプレイ12のスクリーン12a上に右眼用左眼用の画像を左右切換え周波数60Hzで交互に供給するようになっている。このスクリーン12a上に供給される右眼用左眼用の画像は、自動車の車体の基本形状モデルの画像であって、本実施例においては、予め上記仮想空間情報制御装置18にデータとして入力され記憶されたものを用いている。上記立体視制御装置16は、さらに、スクリーン12a上に右眼用の画像を供給しているときには液晶シャッターメガネ14の右眼用シャッターを開き、左眼用の画像を供給しているときには液晶シャッターメガネ14の左眼用シャッターを開くようになっている。これにより、設計者がこの液晶シャッターメガネ14を装着すると、図2に示すように、スクリーン12aと液晶シャッターメガネ14との間の空間に立体視可能な仮想空間VSが生成されるとともに、該仮想空間VS内にスクリーン12a上に供給された右眼用左眼用の画像に対応する立体虚像Ivが生成されることとなる。この立体虚像Ivは、スクリーン12a上に供給される右眼用左眼用の画像が車体の基本形状モデルの画像であることから、車体の仮想立体モデルということになる。

【0022】図3により、仮想空間VS内に仮想立体モデルIvが生成される原理を説明すると、液晶シャッターメガネ14をかけた設計者の両眼の間隔をE、スクリーンから設計者の視点位置までの距離（視距離）をSeとすれば、スクリーン12a上に右眼用左眼用の画像Ir、Ilを互いに水平方向にDだけずらして供給することにより、スクリーン12aから手前側Smの距離（ $Sm = Se \times D / (E + D)$ ）に仮想立体モデルIvを生成することができる。

【0023】図2に示すように、スタイラスペン20は、仮想空間VSと同じ位置に設定された操作空間（実空間）MS内において設計者により直接操作されることにより、仮想空間VS内を3次元的に移動するようになっている。

【0024】上記3次元ディジタイザ24は、操作空間MS内に磁場を形成してスタイラスペン20の指示点

（ペン先）20pの位置検出およびスタイラスペン20の向き検出を行う磁気式ディジタイザ（POLHEMUS社製、位置精度：0、8mm）であって、スタイラスペン20の指示点20pが仮想立体モデルIv上において座標入力しようとする点と略一致した状態（例えば、指示点20pが座標入力予定点に対して該予定点を中心とする半径2mmの球の内側に入った状態）において、設計者がコマンド入力装置22のスイッチ操作をしたとき、このモデル上の点の座標を入力するようになっている。このモデル上点座標入力を短時間で行うためには、座標入力予定点以外の仮想立体モデル上の点を該座標入力予定点と混同して座標入力するおそれのない範囲内で、上記略一致の基準となる球の半径をもっと大きく設定すればよい。あるいは、指示点20pが座標入力予定点に近付くにつれて高さが変化する音を発生させる等、他の方法を用いるようにしてもよい。

【0025】上記スタイラスペン20の指示点20pの操作空間B内における座標は、3次元ディジタイザ24により磁気的に検出されるので一律に定まるが、仮想空間VS内における座標は、設計者の両眼の間隔Eの値に個人差があるため一律には定まらない。このため、操作空間MS内における指示点20pの座標とこの指示点20pに対応する仮想空間VS内における座標とは一般に一致しないが、両空間の座標が一致していないと、仮想立体モデルIv上の点の座標を正しく入力することができない。このため、本実施例においては、図4に示すように、操作空間MSと仮想空間VSとのキャリブレーションを行うようになっている。このキャリブレーションは、例えば、スタイラスペン20の指示点20pを仮想空間VS内での座標が予め分かっている点（例えば仮想立体モデルIv上の点）と一致させたときの仮想空間VS内での座標と同じ座標を、操作空間MS内における座標として入力することによって行われる。

【0026】上記3次元ディジタイザ24により入力されたモデル上の点の座標（以下「入力モデル点座標」という）は、仮想空間情報制御装置18の記憶部に記憶されるようになっている。そして、この仮想空間情報制御装置18は、この3次元ディジタイザ24による座標入力がなされた後にスタイラスペン20の指示点20pが入力モデル点座標から移動したときには、この移動によって該スタイラスペン20の指示点20pの座標が入力モデル点座標からずれた量に応じて仮想立体モデルIvを変形させるようになっている。

【0027】図5は、スタイラスペン20の移動操作による仮想立体モデルIvの変形の様子を示す斜視図である。図示のように、スタイラスペン20の指示点20pが入力モデル点座標から移動すると、この移動に伴って仮想立体モデルIvは座標入力されたモデル点の周辺部が変形するが、この移動に対する仮想立体モデルIvの変形の仕方（変形範囲、変形曲率等）は、設計者が所定

の入力操作を行うことにより設定および設定変更することができるようになっている。

【0028】図1において、視点制御装置26は、仮想立体モデルIvに対する設計者の視点を設計者の入力操作に応じて変更することができるようになっている。すなわち、この視点制御装置26は、設計者のジョイスティック操作等に応じて、仮想空間VS内に生成されている仮想立体モデルIvの向きを変えたり拡大あるいは縮小したりするようになっており、これにより、仮想立体モデルIvを、任意の方向からあるいは任意の大きさで、観察、評価、確認しながら設計することができるようになっている。

【0029】図3において、右眼用左眼用の画像ずれ量Dがあまり小さいと、輻輳角（右眼と右眼用画像中心とを結ぶ直線と、左眼と左眼用画像中心とを結ぶ直線とのなす角度）が小さくなるので仮想空間VS内における奥行位置が特定しにくくなり、また、Smの値が小さくなって仮想立体モデルIvが設計者から遠い所に生成されるので、スタイラスペン20の指示点20pが仮想立体モデルIv上の点まで届かなかったり、届いても操作を行いにくくなったりすることとなる。反対にDが大きすぎると、右眼と左眼とで網膜に写った像を1つに結像できなくなるので、これにより奥行認知に限界が生じる。

【0030】そこで、人間の奥行認知に関して次のような奥行認知実験を行い、この実験を通して奥行認知特性を明確にし、奥行認知限界と仮想立体モデルIvの有効表示領域を導出した。

*

ズレ量：D(mm)	0 ～ 500
視距離：Se(mm)	600、800、1000、1200、2000
モデル表示色	白、赤、緑、青、黄、紫、シアン
表示位置のシフト量 上：St, 左：Sl(mm)	100、200、300、400

【0038】ただし、視距離が1200mm以上のとき、被験者からかなり離れた所に位置する図形にもペン先がとどくようにスタイラスペンの保持部の延長等の改造を施した。

【0039】b. 図形の表示位置の影響

表示位置による奥行認知に対する影響を調べるために、視距離を800mmに固定して、図8のように視線中央に対し上方向および左方向に図形の表示位置をシフトさせて実験を行った。

【0040】シフト量は、スクリーンの大きさから最大400mmとした。

【0041】(3) 実験結果と考察（奥行認知特性）

a. 視距離による影響

スクリーンから被験者の視点までの距離を変えたときの、図形のズレ量Dと奥行認知位置（計測値）との関係※50

*【0031】＜奥行認知実験の説明＞

(1) 実験装置構成

図6に示すように、実験装置としては上記実施例のものを、外環境の影響を少なくするために、被験者のスタイラスペン操作を暗室30内で行えるようにした。

【0032】(2) 実験方法

図7に示すように、スクリーン上に、直径5mmの円図形を左眼と右眼用の画像として水平方向にずらして表示する。

10 【0033】被験者には、台上に固定された液晶シャッターメガネを装着させ、スクリーンから飛び出して確認できる小球状の仮想立体を、スタイラスペンのペン先で特性空間（実空間）内で指し示してもらう。位置が特定したところでコマンド入力装置のボタンを押させ、このときの位置を計測する。

【0034】被験者の視点は、スクリーン中央となるようにセットし、図形はスクリーン中央から等間隔にずらして表示する。

20 【0035】計測は、図形の水平方向ズレ量（D）を8mm間隔で連続的に変化させ、奥行方向の認知が行えなくなるまで実施した。

【0036】a. 視距離の影響

仮想立体をスクリーン中央の視線正面部に表示し、表1に示す値で視距離のみを変化させて実験を行った。

【0037】

【表1】

※を図9に示す。縦軸は視距離で正規化しており（Sm/Se）、値1.0は視点位置を、値0.0はスクリーン位置を示す。図中、両眼間隔Eと図形のずれ量Dとから求められる理論値〔Sm/Se=D/(E+D)〕を実線で示す。なお、この理論値は、E=60mmとして算出した。図10には、上記理論値からの計測値の誤差の絶対値を示す。

【0042】図9から判るように、奥行認知位置は理論値に対して比較的精度よく行えるといえる。図形のズレに対する奥行認知の限界（右眼、左眼の網膜に結像した像のズレの修正限界）はスクリーンからの距離が視距離の0.85倍、ズレ量にして約350mmの所にあることが判る。

【0043】また、図10を見ると、ズレ量が小さいとき、すなわち仮想立体のスクリーンからの突出量が小さ

いとき、位置誤差が大きくなっている。この要因としては、ズレ量が小さい場合には輻輳角が小さくなり奥行位置が特定しにくくなったためと考えられる。また、計測用のペンを腕を伸ばした状態で指示しなければならず、この影響も多少含んでいると考えられる。

【0044】b. 図形の表示位置による影響

スクリーン上での図形表示位置を上方向および左方向にシフトさせたときに奥行認知結果を、それぞれ図11、12および図13、14に示す。上方向、左方向どちらにシフトさせても、奥行認知は精度よく行っており、シフト量による誤差のバラツキも小さく、表示位置による影響は本実験範囲内で小さいといえる。

【0045】また、図11および図13から、シフト量が大きくなると、奥行認知の限界が小さくなることが判る。

【0046】c. 奥行認知特性

本実験から得られた結果をまとめると、両眼の輻輳角による奥行認知はある程度の精度をもっており、仮想立体の有効表示領域を奥行認知誤差値25mmを基準に導出すると次のようになる。

【0047】

視距離 : 600~800mm

図形ズレ量 : 50~350mm (視点中央)

50~200mm (視点中央から400mmシフト)

この範囲内に立体図形を表示すれば、意匠設計等の造形作業は本実験範囲内で十分実施できると言える。

【0048】以上詳述したように、本実施例においては、立体視可能な仮想空間VS内に仮想立体モデルIvを生成するとともに、この仮想立体モデルIvに対して3次元的なペン移動操作によって変形操作を行い得るように構成されているので、立体モデルとして生成された製品の形状を直接的に変更することができる。したがって、設計過程における製品形状変更の観察、評価、確認を立体的にリアルタイムで行うことができ、直観的な設計を行うことができる。

【0049】このように、本実施例によれば、設計者の感覚にあった設計を行うことができるとともに設計作業の能率を高めることができる。

【0050】本実施例においては、予め上記仮想空間情報制御装置18に記憶されているデータをディスプレイ12のスクリーン12a上に右眼用左眼用の画像として供給することにより、仮想空間VS内に仮想立体モデルIvを生成するようになっているが、設計者が操作空間MS内においてスタイラスペン20を操作することにより、仮想空間VS内に仮想立体モデルIvを直接生成するようにしてもよい。

【0051】この仮想立体モデルIvの直接生成は、例えば次のようにして行うことができる。すなわち、仮想空間VS内におけるスタイラスペン20の指示点20pの座標を設計者の入力操作に従って3次元ディジタイザ

24により仮想空間情報制御装置18に入力し、そして仮想空間情報制御装置18により、この入力された座標に対応する右眼用左眼用の点画像のスクリーン12a上における平面座標を算出し、この平面座標を有する右眼用左眼用の点画像をスクリーン12a上に供給し表示するようにすれば、仮想空間VS内のスタイラスペン20の指示点20pと同じ位置に仮想点を表示することができる。したがって、設計者がその造形イメージに従ってスタイラスペン20を移動させて複数の座標を順次入力するようにすれば、仮想立体モデルIvを直接生成することができる。

【0052】このような仮想立体モデルIvの直接生成を行うようにすれば、設計過程における製品形状の観察、評価、確認を立体的にリアルタイムで行うことができるので、直観的な設計を行うことができる。

【0053】次に本実施例の第2実施例について説明する。

【0054】図15は、本発明に係る3次元虚像造形装置を示す概要構成図であって、図16は、その使用状態を示す側面図である。

【0055】これらの図に示すように、本実施例に係る3次元虚像造形装置は、その基本的構成については第1実施例と同様であるが、スタイラスペン20を仮想空間VSとは異なる位置(設計者の手元)に設定された操作空間MS内において手動操作したとき、このスタイラスペン20の移動と連動して仮想空間VS内において仮想ペン32を移動させるように構成されている点で第1実施例と異なる。

【0056】上記仮想ペン32は、仮想立体モデルIvと同様、ディスプレイ12のスクリーン12a上に右眼用左眼用の画像を交互に供給することにより仮想空間VS内に立体虚像として形成されるが、設計者のスタイラスペン20の操作に対する仮想ペン32の挙動に違和感が生じないようにするため、操作空間MS内におけるスタイラスペン20の指示点20pの位置のみならずスタイラスペン20の向きも3次元ディジタイザ24によって仮想空間情報制御装置18に入力され、仮想空間情報制御装置18が、この入力に基づいて仮想空間VS内における仮想ペン32の指示点32pの位置および仮想ペン32の向きを操作空間MS内におけるスタイラスペン20のそれらに対応させるよう、ディスプレイ12への供給画像を調製するようになっている。

【0057】図17は、仮想ペン32の移動操作による仮想立体モデルIvの変形の様子を示す斜視図である。図示のように、仮想ペン32の移動操作に対する仮想立体モデルIvの変形の仕方は、第1実施例におけるスタイラスペン20の移動操作の場合と同様である。

【0058】本実施例においては、仮想空間VS内に立体虚像として形成された仮想ペン32を用いているので、操作空間MSと仮想空間VSとのキャリブレーション

11

ンは不要であり、また、設計者の頭部を固定する必要もないので、頭部固定具は設けられていない。

【0059】本実施例においても、第1実施例と同様、立体視可能な仮想空間VS内に仮想立体モデルIvを生成するとともに、この仮想立体モデルIvに対して3次元的なペン移動操作によって変形操作を行い得るように構成されているので、立体モデルとして生成された製品の形状を直接的に変更することができる。したがって、設計過程における製品形状変更の観察、評価、確認を立体的にリアルタイムで行うことができ、直観的な設計を行うことができる。

【0060】このように、本実施例によれば、設計者の感覚にあった設計を行うことができるとともに設計作業の能率を高めることができる。

【0061】次に本発明の第3実施例について説明する。

【0062】図18は、本実施例に係る3次元虚像造形装置を示す概要構成図であって、図19は、その使用状態を示す側面図である。

【0063】これらの図に示すように、本実施例に係る3次元虚像造形装置は、第2実施例と同様、仮想空間VSとは異なる位置に設定された操作空間MS内において手動操作されるスタイラスペン20の移動と連動して仮想空間VS内において仮想ペン32を移動させるように構成されているが、仮想空間VSが、第2実施例のようにディスプレイ12および液晶シャッターメガネ14間ではなくゴーグルタイプ頭部搭載型立体視ディスプレイ（VPL社製アイフォン）34内部に形成されるようになっている点で異なっている。これに伴い、第2実施例における立体視制御装置16および視点制御装置26に代えてスキャンコンバータ36、ディスプレイ制御装置38および頭部位置・方向センサ40が設けられている。

【0064】本実施例においても、第1、第2実施例と同様、立体視可能な仮想空間VS内に仮想立体モデルI

12

vを生成するとともに、この仮想立体モデルIvに対して3次元的なペン移動操作によって変形操作を行い得るように構成されているので、立体モデルとして生成された製品の形状を直接的に変更することができる。したがって、設計過程における製品形状変更の観察、評価、確認を立体的にリアルタイムで行うことができ、直観的な設計を行うことができる。

【0065】このように、本実施例によれば、設計者の感覚にあった設計を行うことができるとともに設計作業の能率を高めることができる。

【0066】以上のように、立体視可能な仮想空間VS内に生成された仮想立体モデルIvに対して変形操作を行うことが、設計者の設計感覚に適合し、設計作業能率も高まる、という効果を確認するため、上記3つの実施例の中から第1、第2実施例の装置を取り上げ、これらと従来の2次元視による変形操作を行う装置とを用いて次のような立体モデル操作実験を行うことにより、立体モデルに対する操作性の比較を行った。

【0067】＜立体モデル操作実験の説明＞

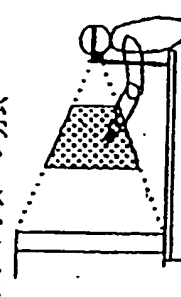
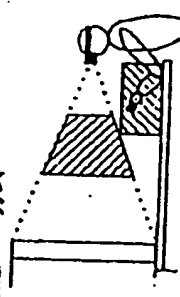
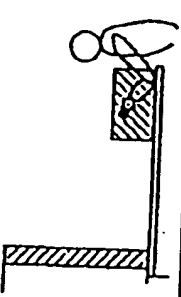
20 (1) 実験方法

図20に示すように、スクリーンからの視距離を800mmとし、モデルA（一辺10cmの正四面体）をスクリーンから530mmの位置に表示し、モデルB（モデルAと同一形状）を300mmの位置に表示する。モデルAとモデルBは、仮想空間で水平方向に45mm、上下方向に80mmずらして表示しておく。なお2次元視を行うときは、両眼視差のない画像をスクリーン上に表示する。

【0068】表2に示すように、実験環境は、立体視手法を用いた2種類の操作環境（スタイラスペン方式、仮想ペン方式）に加え、立体視の有効性を評価するための比較実験として立体視を行わない方式（2次元視方式）の3種類の操作環境で行う。

【0069】

【表2】

方式	操作環境	入出力装置
スタイラスペン方式 	表示方法 : 立体視 操作空間 : 仮想操作空間と実操作空間とを合致 操作方法 : 正面の空間中に浮かんで見える立体図形の位置に3Dデジタルタイザのスタイラスペンを移動させて、操作する 視距離 : 800mm 視点位置 : プロジェクタの中央正面 (頭部固定)	・スタイラスペン (3次元デジタルタイザ) ・60インチプロジェクタ ・液晶タッチパネル
仮想ペン方式 	表示方法 : 立体視 操作空間 : 仮想操作空間と実操作空間とを空間的に分離 (被験者を被験者の手元に設定) 操作方法 : 実操作空間で操作しているペンの動きに運動した仮想ペンをを用いて、操作する 視距離 : 約800mm 視点位置 : プロジェクタの中央正面 (頭部自由)	・仮想立体ペン (3次元デジタルタイザ) ・60インチプロジェクタ ・液晶タッチパネル
2次元視方式 	表示方法 : 立体視は行わない 操作空間 : 仮想操作空間をスクリーン上に、実操作空間を被験者の手元に設定 操作方法 : 実操作空間で操作しているペンの動きに運動した仮想ペンをを用いて、操作する 視距離 : 約800mm 視点位置 : プロジェクタの中央正面 (頭部自由)	・仮想ペン (3次元デジタルタイザ) ・60インチプロジェクタ

※ 仮想者が図形を操作するために3Dデジタルタイザのスタイラスペンを加える空間
 ... 3D/2D図形が表示され、図形に対して操作を加え得る空間

【0070】被験者は本操作環境において、(イ)平行移動操作、(ロ)平行移動および回転操作を加えて、モデルAをモデルBに重ね合わせる操作 (図20(a))、さらに(ハ)モデルBの頂点をポインティングする操作を行う (図20(b))。

【0071】操作性評価のために、操作時間 (把持時間、移動時間)、スタイラスペンあるいは仮想ペンの操作軌跡そして操作誤差距離を計測する。各々の計測項目の内容を次に示す。

【0072】・把持時間…操作を開始してから、ターゲットとなる対象モデルの頂点をポインティングしてモデルを把持するまでの時間

*・移動時間…モデルAを把持してからモデルBに一致させるまでの操作時間

・操作軌跡…仮想空間におけるスタイラスペンあるいは仮想ペンの奥行方向の移動軌跡

・操作誤差距離…操作終了時の重ね合わせ誤差の操作空間 (実空間) 上での距離の絶対値

a. 平行移動/回転操作実験

実験は次の手順で行った。

【0073】1) 操作開始の合図音をもとに、被験者はモデルAを把持するためにターゲットとなる頂点にスタイラスペンあるいは仮想ペンを移動させる。

*50 【0074】2) ターゲットがポインティングされる

とモデルAの表示色が変わり、合図音が発せられる。このとき被験者の手元のスイッチを押下し、モデルAを把持する。

【0075】3) 把持したモデルAをモデルBに重ね合わせるために平行移動/回転操作を行う。

【0076】4) モデルAとモデルBとが一致したところで再び手元のスイッチを押下し、操作を終了する。

【0077】b. 頂点ポインティング操作実験

1) 開始の合図音をもとに、被験者はスタイラスペンあるいは仮想ペンの先端をターゲットとなるモデルBの各頂点に近づけ、合致したところで手元スイッチを押下する。

【0078】2) すべての頂点をポインティングしたところで手元のスイッチを押下し、操作を終了する。

【0079】これらの操作を各操作環境で10回ずつ行った。

【0080】(2) 実験結果と考察(3次元操作特性)

a. 操作環境と操作時間

平行移動/回転操作の各操作環境における操作時間を図21に示す。

【0081】時間を比較すると、2次元視方式に比べ3次元立体視方式が操作性に優れていることが判る。

【0082】3次元立体視を用いた2つの方式を比べると、操作時間に大きな差はないが、把持操作にスタイラスペン方式の方がやや時間がかかっている。被験者による操作時間のバラツキもスタイラスペン方式の方が大きくなっている。これは、仮想ペン方式が手元での安定した状態での操作が可能であるのに比べ、スタイラスペン方式は腕を宙に浮かせた不安定な状態での操作であり、ペンの先端を静止させる困難さが原因と考えられる。

【0083】また、平行移動のみの操作より回転操作が加わった実験では、移動時間は長くなるが、仮想ペン方式では2倍以上とその差が顕著にでてくる。スタイラスペン方式では、実際の手やペンが直接見え、より直感的な判断ができ、より複雑な操作にはスタイラスペン方式が適しているといえる。

【0084】b. 操作環境と操作誤差

操作終了時のモデルの重ね合わせの誤差距離を比較すると(図22)、仮想ペン方式が最も誤差が小さく、スタイラスペン方式がそれよりやや大きくなるという結果となった。これも、腕を支持なしで宙に浮かすために、手が震えてしまうといったスタイラスペン方式特有の結果と考える。

【0085】しかし、仮想ペン方式では個人差が顕著に現れており、仮想的なペンを手元で操作することの難しさがよく現れている。操作にある程度慣れてくれば、操作時間や操作誤差は小さくなると考えられるが、本実験で行った10回程度の繰り返し操作では学習効果は全く現れなかった。

【0086】c. 操作環境と操作軌跡

把持操作におけるスタイラスペンあるいは仮想ペンの奥行方向の操作軌跡例を図23に示す。これは、ターゲットより奥方向の位置から操作を開始し、ターゲットを把持するまでのスタイラスペンあるいは仮想ペンの奥行方向の軌跡を操作環境別に表している。図中、A、B、C、Dとあるのは、4名の異なる被験者のデータを示す。

【0087】図23より、スタイラスペン方式は、ほとんどオーバーシュートすることなくターゲットを捕らえているのが判る。しかし、完全に把持するまでには時間がかかっており、前述のようになかなか静止できない様子がよく判る。

【0088】仮想ペン方式は、多少オーバーシュートしているものの、少ない試行錯誤で確実にターゲットを捕らえており、3方式の中では一番速く操作を行えている。

【0089】2次元視方式は、立体視を行わないために、奥行感が捉えにくいと、かなり大きくオーバーシュートしており、時間をかけてなんとかターゲットを捕らえている。このような状態では、長時間作業はほとんど不可能であり、CADの3次元直接操作には、立体視は不可欠な要素と言える。

【0090】d. 操作環境とポインティング操作誤差
ポインティング操作のみでは、図24から判るように、仮想ペン方式が平均誤差距離が最も小さく、バラツキも少なかった。

【0091】頂点ポインティングの実験では、ポインティング位置に来たときにモデル色を変化させたり、合図音を出すなどしなかったため、モデルとペン先の微妙な位置関係が捕らえにくいスタイラスペン方式に、誤差が大きくてたものと考えられる。

【0092】e. まとめ

以上の実験結果を総合すると、仮想ペンを用いた3次元操作手法が、操作性、精度の面から最も有効であることが確認できた。

【0093】しかし、実験中あるいは実験後の被験者から、スタイラスペン方式による3次元直接操作手法も感覚的に操作し易いという感想が多く得られ、腕の疲労排除等の工夫を施せば、非常に有効な設計手法になると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る3次元虚像造形装置の第1実施例を示す概要構成図

【図2】第1実施例の使用状態を示す側面図

【図3】第1実施例において仮想空間内に仮想立体モデルが生成される原理を説明する図

【図4】第1実施例における操作空間と仮想空間とのキャリブレーションの様子を示す図

【図5】第1実施例におけるスタイラスペンの移動操作による仮想立体モデルの変形の様子を示す斜視図

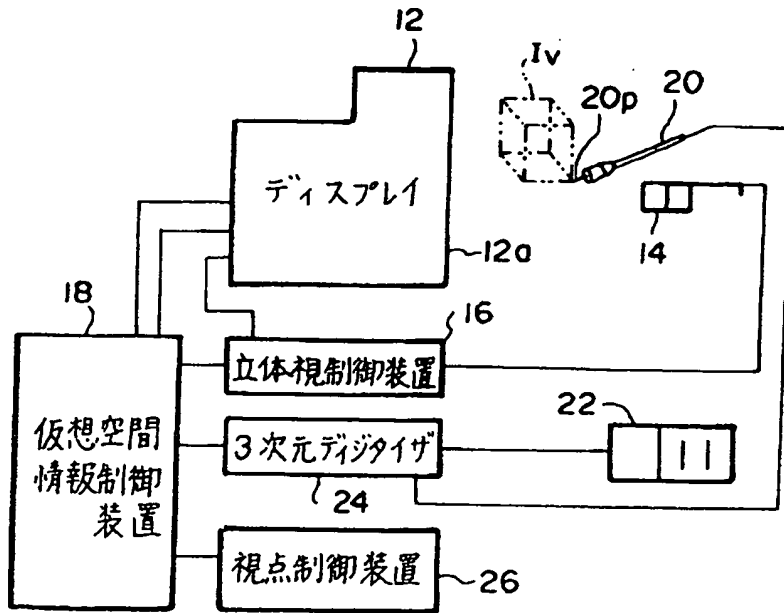
17

18

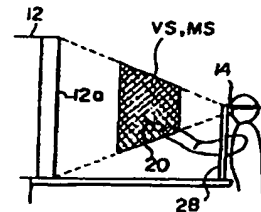
- 【図6】奥行認知実験に使用した実験装置構成を示す図
 【図7】奥行認知実験の実験方法を示す図
 【図8】奥行認知実験の実験方法を示す図
 【図9】奥行認知実験の実験結果を示すグラフ
 【図10】奥行認知実験の実験結果を示すグラフ
 【図11】奥行認知実験の実験結果を示すグラフ
 【図12】奥行認知実験の実験結果を示すグラフ
 【図13】奥行認知実験の実験結果を示すグラフ
 【図14】奥行認知実験の実験結果を示すグラフ
 【図15】本発明に係る3次元虚像造形装置の第2実施例を示す概要構成図
 【図16】第2実施例の使用状態を示す側面図
 【図17】第2実施例における仮想ペンの移動操作による仮想立体モデルの変形の様子を示す斜視図
 【図18】本発明に係る3次元虚像造形装置の第3実施例を示す概要構成図
 【図19】第3実施例の使用状態を示す側面図
 【図20】立体モデル操作実験の実験方法を示す図
 【図21】立体モデル操作実験の実験結果を示すグラフ

- 【図22】立体モデル操作実験の実験結果を示すグラフ
 【図23】立体モデル操作実験の実験結果を示すグラフ
 【図24】立体モデル操作実験の実験結果を示すグラフ
 【符号の説明】
 12 ディスプレイ
 12a スクリーン
 14 液晶シャッターメガネ
 16 立体視制御装置
 18 仮想空間情報制御装置
 20 スタイラスペン
 20p 指示点
 22 コマンド入力装置
 24 3次元ディジタイザ
 26 視点制御装置
 32 仮想ペン
 34 ゴーグルタイプ頭部搭載型立体視ディスプレイ
 Iv 仮想立体モデル
 MS 操作空間
 VS 仮想空間

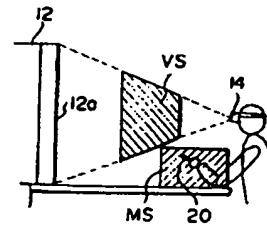
【図1】



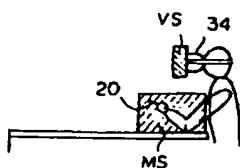
【図2】



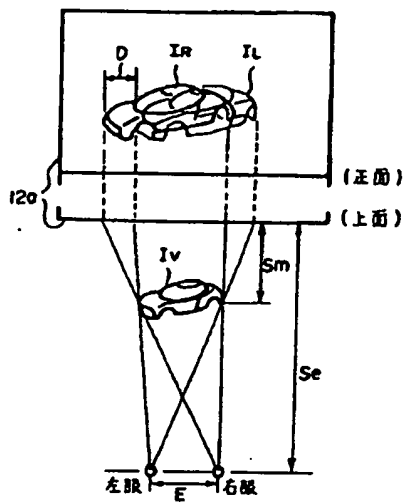
【図16】



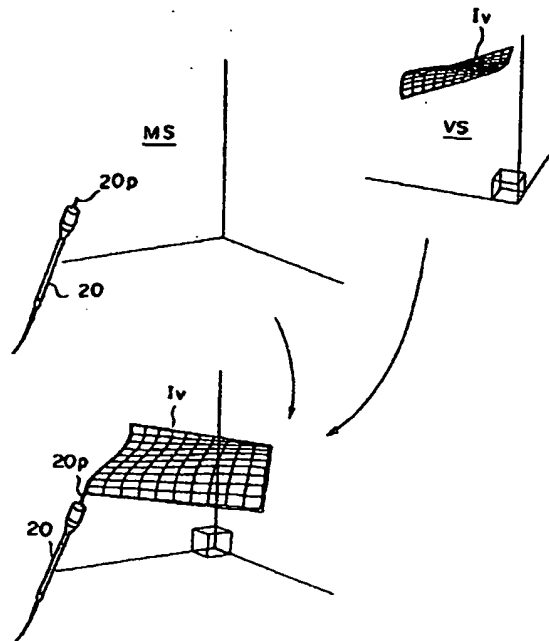
【図19】



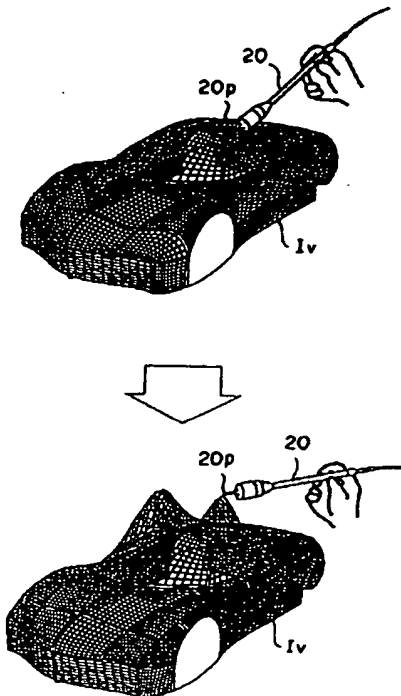
【図3】



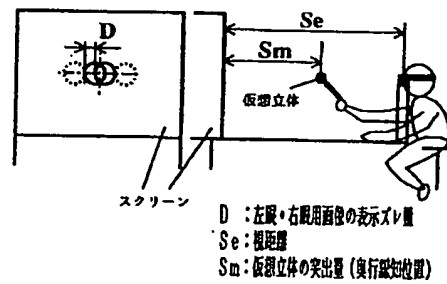
【図4】



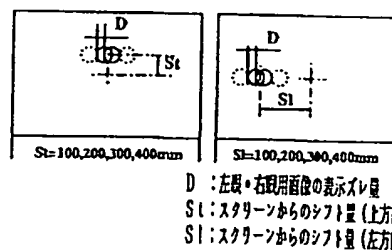
【図5】



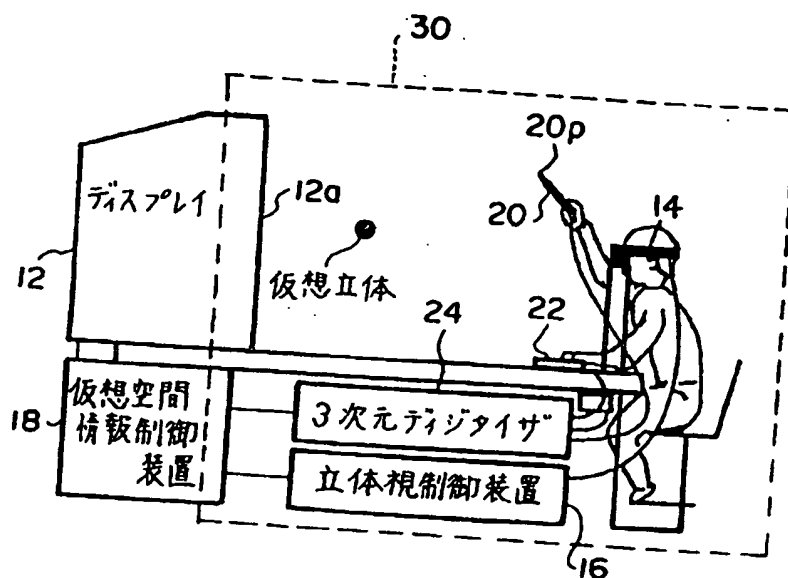
【図7】



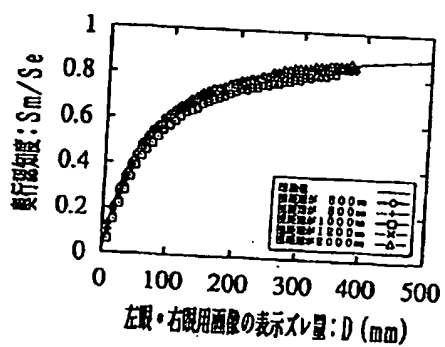
【図8】



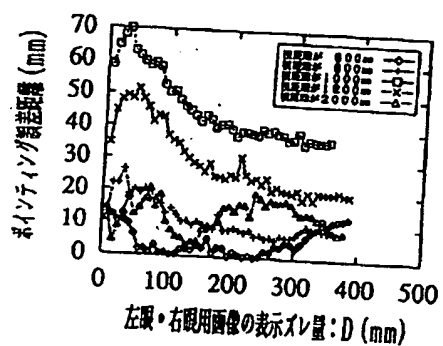
【図6】



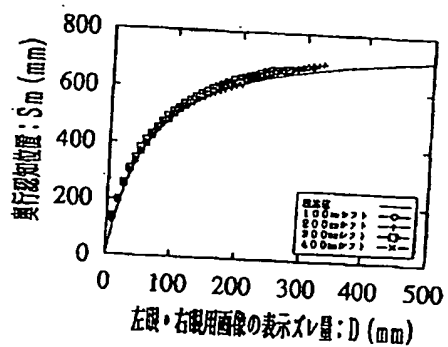
【図9】



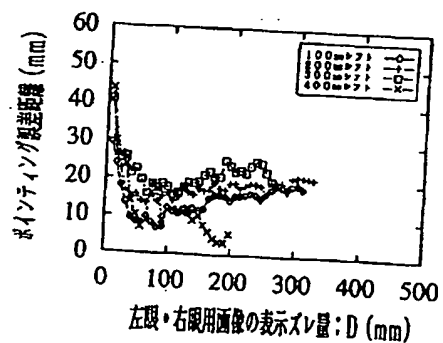
【図10】



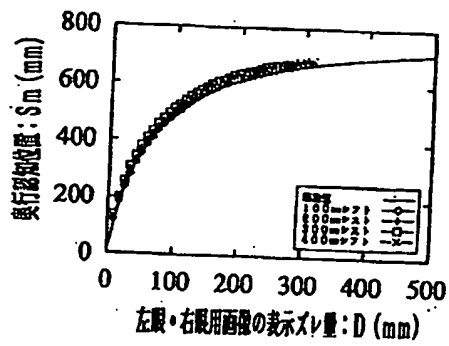
【図11】



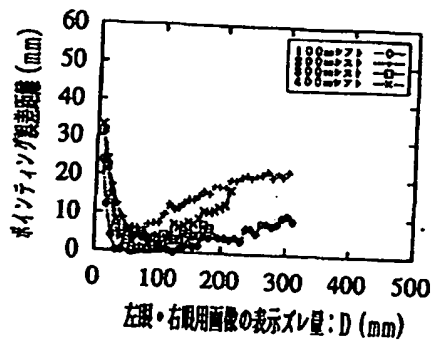
【図12】



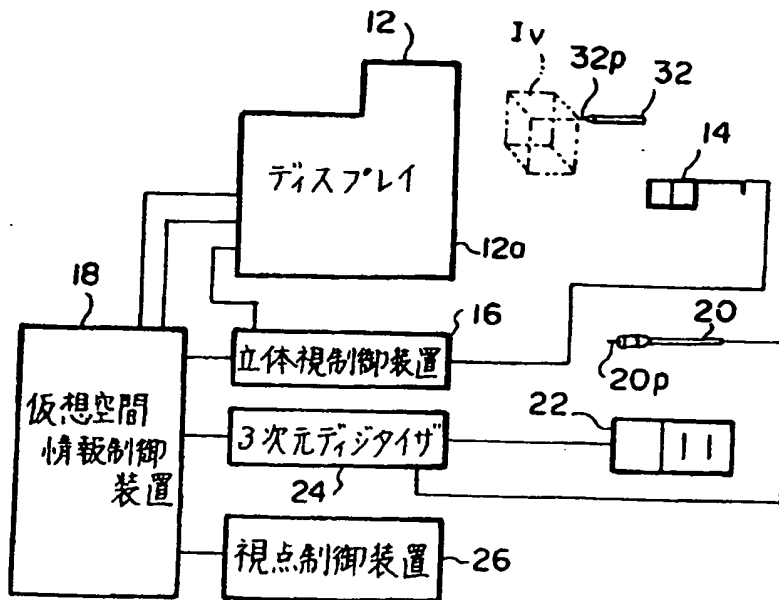
【図13】



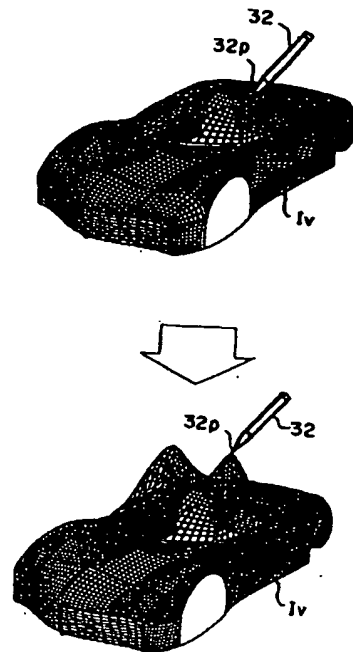
【図14】



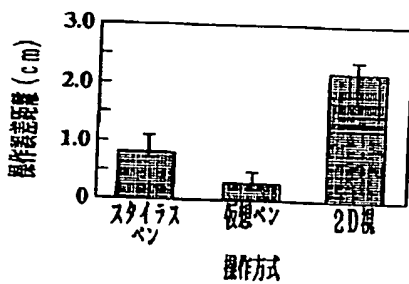
【図15】



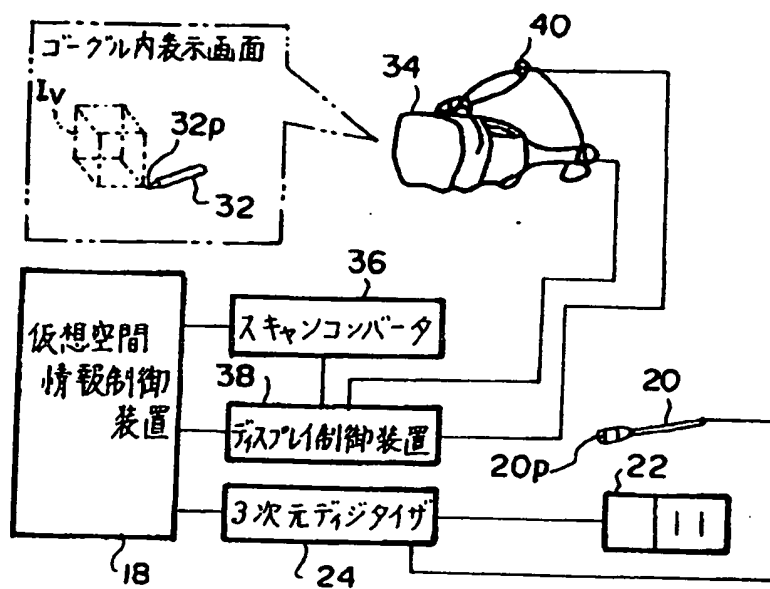
【図17】



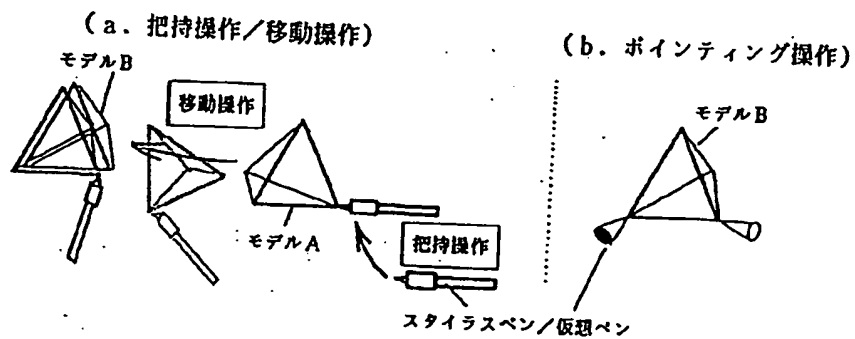
【図24】



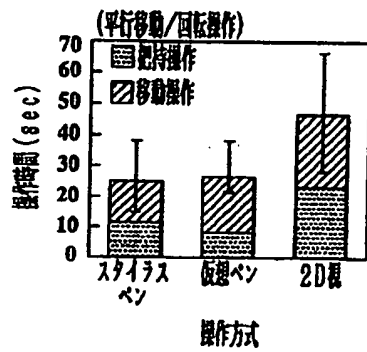
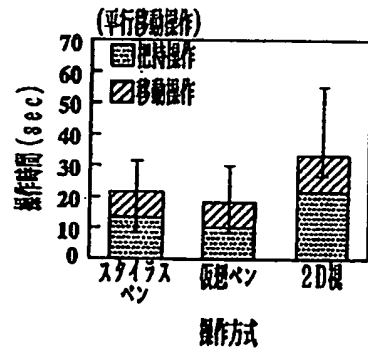
【図18】



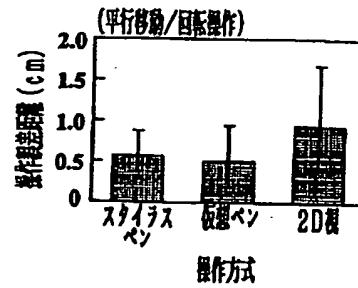
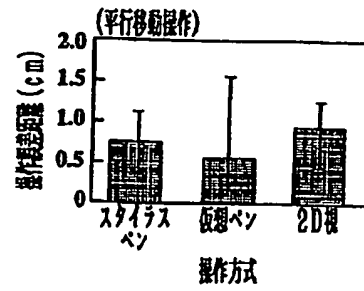
【図20】



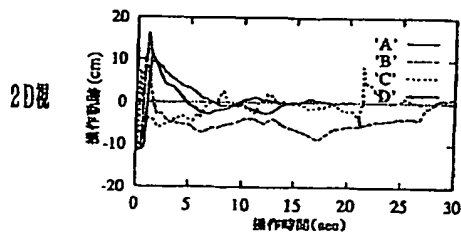
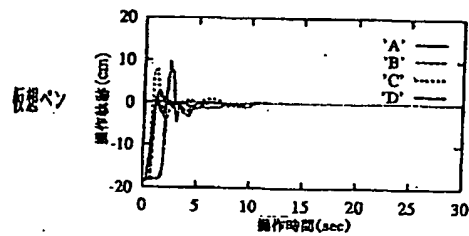
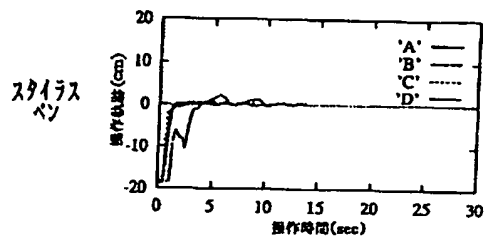
【図21】



【図22】



【図23】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.